

POWERED BY **Dialog**

---

## **ALIGNMENT METHOD, LIGHT PROJECTION EXPOSURE DEVICE BY THE METHOD, AND POSITION DEVIATION MEASURING INSTRUMENT**

**Publication Number:** 08-094315 (JP 8094315 A) , April 12, 1996

**Inventors:**

- TANAKA HIROSHI

**Applicants**

- CANON INC (A Japanese Company or Corporation), JP (Japan)

**Application Number:** 06-233059 (JP 94233059) , September 28, 1994

**International Class (IPC Edition 6):**

- G01B-011/00
- G03F-009/00
- H01L-021/027

**JAPIO Class:**

- 46.1 (INSTRUMENTATION--- Measurement)
- 29.1 (PRECISION INSTRUMENTS--- Photography & Cinematography)
- 42.2 (ELECTRONICS--- Solid State Components)

**JAPIO Keywords:**

- R002 (LASERS)
- R098 (ELECTRONIC MATERIALS--- Charge Transfer Elements, CCD & BBD)
- R131 (INFORMATION PROCESSING--- Microcomputers & Microprocessors)

**Abstract:**

**PURPOSE:** To improve alignment accuracy without adding any hardware by calculating correlation results using a template corresponding to an alignment mark and a template where either a right half or a left half is shifted by one point.

**CONSTITUTION:** Light from an alignment lighting device 11 is applied to an alignment mark on a wafer 5 mounted on an XY stage 7 and the reflection light is subjected to photoelectric conversion by an alignment sensor 12, is A/D-converted by an A/D converter 101, and then is stored at a storage 102. A first operation block 103 performs correlation operation with the template for only the edge part of a mark to calculate a first correlation result. A second operation block 104 shifts the right half or left half within a range where correlation operation is made by one point and performs correlation operation with the template to calculate a second correlation result. A mark center detection block 106 synthesizes the first and second correlation results to create a third correlation result and the mark center is calculated by using it.

JAPIO

© 2004 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.  
Dialog® File Number 347 Accession Number 5138815

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-94315

(43) 公開日 平成8年(1996)4月12日

(51) Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 1 B 11/00		D		
G 0 3 F 9/00		H		
H 0 1 L 21/027				
			H 0 1 L 21/ 30	5 2 5 D

審査請求 未請求 請求項の数16 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平6-233059

(22) 出願日 平成6年(1994)9月28日

(71) 出願人 000001007

キヤノン株式会社

東京都大田区下丸子3丁目30番2号

(72) 発明者 田中 浩

神奈川県川崎市中原区今井上町53番地 キ

ヤノン株式会社小杉事業所内

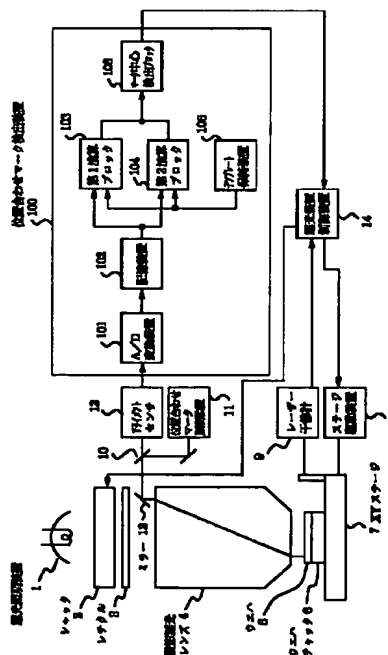
(74) 代理人 弁理士 若林 忠

(54) 【発明の名称】 位置合わせ方法、該方法による投影露光装置および位置ズレ計測装置

(57) 【要約】

【目的】 製造コストの上昇を招来することなく、測定精度を向上することのできる位置合わせ方法を実現すること。

【構成】 所定の物体に設けられた位置合わせマークを二次元的に検出してテンプレートマッチングを行い、該所定の物体の位置を確認する位置合わせ方法であって、位置合わせマークに対応したテンプレートで第1の相関演算を行って第1の相関結果を算出し、デジタル信号の相関演算を行う範囲の内の右半分あるいは左半分の1ポイントシフトさせてテンプレートで第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出し、第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 所定の物体に設けられた位置合わせマークを二次元的に検出してテンプレートマッチングを行い、該所定の物体の位置を確認する位置合わせ方法であって、

前記位置合わせマークに対応したテンプレートで第1の相関演算を行って第1の相関結果を算出し、

前記デジタル信号の相関演算を行う範囲の内の右半分あるいは左半分の1ポイントシフトさせて前記テンプレートで第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出し、前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出することを特徴とする位置合わせマーク検出方法。

【請求項2】 所定の物体に設けられた位置合わせマークを二次元的に検出してテンプレートマッチングを行い、該所定の物体の位置を確認する位置合わせ方法であって、

前記位置合わせマークに対応したテンプレートで、第1の相関演算を行って第1の相関結果を算出し、

前記テンプレートの右半分あるいは左半分の1ポイントシフトさせた第2のテンプレートを作成し、前記位置合わせマークのデジタル信号と第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出し、

前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出することを特徴とする位置合わせマーク検出方法。

【請求項3】 所定の物体に設けられた位置合わせマークを二次元的に検出してテンプレートマッチングを行い、該所定の物体の位置を確認する位置合わせ方法であって、

前記二次元的に検出された位置合わせマークの半分のテンプレートと見なし、残り半分のデジタル信号との第1の折り返し相関演算を行って第1の相関結果を算出し、

前記テンプレートと前記二次元的に検出された位置合わせマークの残り半分の相関演算を行う範囲を1ポイントシフトさせて第2の折り返し相関演算を行って第2の相関結果を算出し、

前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出することを特徴とする位置合わせマーク検出方法。

【請求項4】 所定の物体に設けられた位置合わせマークを二次元的に検出してテンプレートマッチングを行い、該所定の物体の位置を確認する位置合わせ方法であって、

前記二次元的に検出された位置合わせマークの半分のテンプレートと見なし、残り半分のデジタル信号との対称な位置の差分を積分する第1の演算を行って第1の演算

結果を算出し、

前記テンプレートと、前記二次元的に検出された位置合わせマークの残り半分との演算を行う範囲を1ポイントシフトさせ、対称な位置の差分を積分する第2の演算を行って第2の演算結果を算出し、

前記第1の演算結果と第2の演算結果を交互に合成して第3の演算結果を作成し、該第3の演算結果から位置合わせマークの中心を算出することを特徴とする位置合わせマーク検出方法。

10 【請求項5】 ウエハ面上の位置合わせマークとレチクル面上の位置合わせマークとを撮像する撮像手段と、ウエハ面上のレジストにレチクル面上のパターンを投影露光するために前記撮像手段で得られる情報を用いて前記レチクルとウエハの相対的な位置合わせを行うアライメント機構とを具備する投影露光装置において、

前記位置合わせマークに対応したテンプレートで第1の相関演算を行って第1の相関結果を算出する第1演算ブロックと、

20 前記撮像手段にて撮像された信号の相関演算を行う範囲の内の右半分あるいは左半分の1ポイントシフトさせて前記テンプレートで第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出する第2演算ブロックと、

前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項6】 ウエハ面上の位置合わせマークとレチクル面上の位置合わせマークとを撮像する撮像手段と、ウエハ面上のレジストにレチクル面上のパターンを投影露光するために前記撮像手段で得られる情報を用いて前記レチクルとウエハの相対的な位置合わせを行うアライメント機構とを具備する投影露光装置において、

前記位置合わせマークに対応したテンプレートで、第1の相関演算を行って第1の相関結果を算出する第1演算ブロックと、

前記テンプレートの右半分あるいは左半分の1ポイントシフトさせた第2のテンプレートを作成し、前記位置合わせマークのデジタル信号と第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出する第2演算ブロックとし、

40 前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項7】 ウエハ面上の位置合わせマークとレチクル面上の位置合わせマークとを撮像する撮像手段と、ウエハ面上のレジストにレチクル面上のパターンを投影露光するために前記撮像手段で得られる情報を用いて前記レチクルとウエハの相対的な位置合わせを行うアライメント機構とを具備する投影露光装置において、

50 前記撮像手段にて撮像された位置合わせマークの半分の

3

テンプレートと見なし、残り半分のデジタル信号との第1の折り返し相関演算行って第1の相関結果を算出する第1演算ブロックと、

前記テンプレートと前記撮像手段にて撮像された位置合わせマークの残り半分の相関演算を行う範囲を1ポイントシフトさせて第2の折り返し相関演算を行って第2の相関結果を算出する第2演算ブロックと、

前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項8】 ウエハ面上の位置合わせマークとレチクル面上の位置合わせマークとを撮像する撮像手段と、ウエハ面上のレジストにレチクル面上のパターンを投影露光するために前記撮像手段で得られる情報を用いて前記レチクルとウエハの相対的な位置合わせを行うアライメント機構とを具備する投影露光装置において、

前記撮像手段にて撮像された位置合わせマークの半分のテンプレートと見なし、残り半分の撮像手段にて撮像された信号との対称な位置の差分を積分する第1の演算を行って第1の演算結果を算出する第1演算ブロックと、前記テンプレートと、前記撮像手段にて撮像された位置合わせマークの残り半分の演算を行う範囲を1ポイントシフトさせ、対称な位置の差分を積分する第2の演算を行って第2の演算結果を算出する第2演算ブロックと、

前記第1の演算結果と第2の演算結果を交互に合成して第3の演算結果を作成し、該第3の演算結果から位置合わせマークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項9】 ウエハ面上の位置合わせマークを撮像する撮像手段と、ウエハ面上のレジストにレチクル面上のパターンを投影露光するために前記撮像手段で得られる情報を用いて前記レチクルとウエハの相対的な位置合わせを行うアライメント機構とを具備する投影露光装置において、

前記位置合わせマークに対応したテンプレートで第1の相関演算を行って第1の相関結果を算出する第1演算ブロックと、

前記撮像手段にて撮像された信号の相関演算を行う範囲の内の右半分あるいは左半分の1ポイントシフトさせて前記テンプレートで第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出する第2演算ブロックと、

前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項10】 ウエハ面上の位置合わせマークを撮像する撮像手段と、ウエハ面上のレジストにレチクル面上のパターンを投影露光するために前記撮像手段で得られ

4

る情報を用いて前記レチクルとウエハの相対的な位置合わせを行うアライメント機構とを具備する投影露光装置において、

前記位置合わせマークに対応したテンプレートで、第1の相関演算を行って第1の相関結果を算出する第1演算ブロックと、

前記テンプレートの右半分あるいは左半分の1ポイントシフトさせた第2のテンプレートを作成し、前記撮像手段にて撮像された信号と第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出する第2演算ブロックとし、

前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項11】 ウエハ面上の位置合わせマークを撮像する撮像手段と、ウエハ面上のレジストにレチクル面上のパターンを投影露光するために前記撮像手段で得られる情報を用いて前記レチクルとウエハの相対的な位置合わせを行うアライメント機構とを具備する投影露光装置において、

前記撮像手段にて撮像された位置合わせマークの半分のテンプレートと見なし、残り半分のデジタル信号との第1の折り返し相関演算行って第1の相関結果を算出する第1演算ブロックと、

前記テンプレートと前記撮像手段にて撮像された位置合わせマークの残り半分の相関演算を行う範囲を1ポイントシフトさせて第2の折り返し相関演算を行って第2の相関結果を算出する第2演算ブロックと、

前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項12】 ウエハ面上の位置合わせマークを撮像する撮像手段と、ウエハ面上のレジストにレチクル面上のパターンを投影露光するために前記撮像手段で得られる情報を用いて前記レチクルとウエハの相対的な位置合わせを行うアライメント機構とを具備する投影露光装置において、

前記撮像手段にて撮像された位置合わせマークの半分のテンプレートと見なし、残り半分の撮像手段にて撮像された信号との対称な位置の差分を積分する第1の演算を行って第1の演算結果を算出する第1演算ブロックと、前記テンプレートと、前記撮像手段にて撮像された位置合わせマークの残り半分の演算を行う範囲を1ポイントシフトさせ、対称な位置の差分を積分する第2の演算を行って第2の演算結果を算出する第2演算ブロックと、

前記第1の演算結果と第2の演算結果を交互に合成して第3の演算結果を作成し、該第3の演算結果から位置合わせマークの中心を算出するマーク中心検出ブロックと

を有することを特徴とする投影露光装置。

【請求項13】 ウエハ面上の位置ズレ計測マークを撮像する撮像手段を具備し、該撮像手段で得られる情報を用いて位置ズレ計測マークの位置を検出してズレ量を計測する位置ズレ計測装置であって、

前記位置ズレ計測マークに対応したテンプレートで第1の相関演算を行って第1の相関結果を算出する第1演算ブロックと、

前記撮像手段にて撮像された信号の相関演算を行う範囲の内の右半分あるいは左半分の1ポイントシフトさせて前記テンプレートで第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出する第2演算ブロックと、

前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする位置ズレ計測装置。

【請求項14】 ウエハ面上の位置ズレ計測マークを撮像する撮像手段を具備し、該撮像手段で得られる情報を用いて位置ズレ計測マークの位置を検出してズレ量を計測する位置ズレ計測装置であって、

前記位置ズレ計測マークに対応したテンプレートで、第1の相関演算を行って第1の相関結果を算出する第1演算ブロックと、

前記テンプレートの右半分あるいは左半分の1ポイントシフトさせた第2のテンプレートを作成し、前記撮像手段にて撮像された信号と第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出する第2演算ブロックとし、

前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置ズレ計測マークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする位置ズレ計測装置。

【請求項15】 ウエハ面上の位置ズレ計測マークを撮像する撮像手段を具備し、該撮像手段で得られる情報を用いて位置ズレ計測マークの位置を検出してズレ量を計測する位置ズレ計測装置であって、

前記撮像手段にて撮像された位置ズレ計測マークの半分のテンプレートと見なし、残り半分の撮像手段にて撮像された信号との第1の折り返し相関演算を行って第1の相関結果を算出する第1演算ブロックと、

前記テンプレートと前記撮像手段にて撮像された位置ズレ計測マークの残り半分の相関演算を行う範囲を1ポイントシフトさせて第2の折り返し相関演算を行って第2の相関結果を算出する第2演算ブロックと、

前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする位置ズレ計測装置。

【請求項16】 ウエハ面上の位置ズレ計測マークを撮像する撮像手段を具備し、該撮像手段で得られる情報を用いて位置ズレ計測マークの位置を検出してズレ量を計

測する位置ズレ計測装置であって、

前記撮像手段にて撮像された位置ズレ計測マークの半分のテンプレートと見なし、残り半分の撮像手段にて撮像された信号との対称な位置の差分を積分する第1の演算を行って第1の演算結果を算出する第1演算ブロックと、

前記テンプレートと、前記撮像手段にて撮像された位置ズレ計測マークの残り半分の演算を行う範囲を1ポイントシフトさせ、対称な位置の差分を積分する第2の演算を行って第2の演算結果を算出する第2演算ブロックと、

前記第1の演算結果と第2の演算結果を交互に合成して第3の演算結果を作成し、該第3の演算結果から位置ズレ計測マークの中心を算出するマーク中心検出ブロックとを有することを特徴とする位置ズレ計測装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、半導体製造装置で行われる位置計測方法に関し、特に、ステップアンドリピート方式の露光装置（以下、ステッパと称する）にて、ウエハの位置合わせとして行われるオートアライメントに用いられる位置計測方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】図9は従来より用いられている露光装置の構成を示すブロック図である。従来のステッパの位置計測方法について図9を参照して以下に説明する。

【0003】XYステージ1007上にウエハチャック1006を介して搭載されるウエハ1005には、シャッタ1002、レチクル1003および投影露光レンズ1004を通ることによって露光パターンとされた露光照明装置1001からの照明光が照射される。

【0004】XYステージ1007に搭載されているウエハ1005上の位置合わせマーク（不図示）を光源である位置合わせマーク照明装置1011で照明する。この照明光は反射し、その反射光をアライメントセンサ1012で受光し、光電変換を行う。アライメントセンサ1012としては、CCDカメラ等のエリアセンサあるいは、CCDラインセンサ、フォトダイオード等が使われる。

【0005】アライメントセンサ1012により光電変換された信号は、A/D変換装置1101にてA/D変換され、複数のデジタル画素情報として処理装置内の記憶装置1102に記憶される。記憶された画素情報は演算ブロック1103で信号処理を施され、該信号処理結果よりピーク位置検出ブロック1105で位置合わせマークの中心を求め、ウエハの位置を算出し、ステッパ制御装置1014に送っている。ウエハの位置が算出されると、ステッパ制御装置1014は、ステージ位置を干涉計1009でモニタしながら、ステージ駆動装置1008を駆動し、ウエハ1005とレチクル1003の位

置が正確に合わせられた時点でシャッタ1002を開き、ウエハ1005上にレチクル1003の回路パターンを露光していた。

【0006】上記の信号処理の方法としては以下の手法が採られていた。

【0007】(1) CCDカメラから取り込まれた位置合わせマークを長軸方向に投影し、得られた信号によりテンプレートマッチングを行う。

【0008】(2) ラインセンサで取り込まれた位置合わせマークの信号によりテンプレートマッチングを行

う。

【0009】テンプレートマッチングは、センサで採取された信号と、予め処理装置で持っているテンプレートとの相関演算で、相関の最も高い位置を位置合わせマークの中心として検出していた。テンプレートマッチングは次式で表される。

【0010】

【数1】

$$E(x) = \sum_{i=-k}^k S(x+i)T(i) \dots\dots (1)$$

ここで、Sはセンサで採取された信号、Tはテンプレート、Eは相関結果である。信号S、テンプレートT、相関値Eの関係を図示すると図10(A)に示すものとなる。

【0011】テンプレートとして、センサで採取された信号の左半分を折り返し相関演算を行える。

【0012】

【数2】

$$E(x) = \sum_{i=0}^k S(x+i)S(x-i) \dots\dots (2)$$

式(2)はテンプレートサイズとテンプレート情報を規定しなくてもよい利点がある。なぜならば、マークの形状は左右対称の形をしているからである。

【0013】マーク中心はE(x)が最大となる点である。また演算をより高速におこなうために、式(2)を変形すると式(3)となる。

【0014】

【数3】

$$E(x) = \sum_{i=0}^k |S(x+i) - S(x-i)| \dots\dots (3)$$

式(3)の場合、相関のある位置で値が最小となる。したがって、対称なマーク中心で値が最小となる位置を捜せば良い。上記の演算は、先述の演算ブロック1103で行われ、式(1)の方法では、テンプレートTはテンプレート記憶ブロック1104に記憶されている。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、従来

の位置合わせ方法は、センサで捕らえられた位置合わせマークに対するテンプレートマッチング処理がなされる。

【0016】しかしながら、センサで捕らえられる信号は位置合わせマークにレジストが塗布されることなどによって変化し、線幅に相当する信号幅が太くなったり、細くなったりしてしまう。このため、予め持っているテンプレートと合わなくなり、相関の最も高い位置と真の中心位置が1/2画素分ズレることがある。このような計測精度が悪化した状態で露光がなされると露光精度が悪くなり、この結果、半導体の製造分留まりを下がってしまうという問題点がある。

【0017】上記の1/2画素分ズレの発生原因を、図10を参照して説明する。先に示した図10(A)は、波形SのサイズがテンプレートTと同一の2k+1点の場合を示す。この場合、相関度Eのピークは1つとなる。但しkは自然数で、図3の場合k=11である。

【0018】図10(B)に、波形S'のサイズがテンプレートTより1点大きな2k+2点の場合を示す。この場合、本来のピーク位置は2つのピーク位置の中点であるが、相関度E'のピークが2点隣あった位置に出現してしまう。これは、従来の処理方法では、隣あった2点の内、わずかでも大きな点をマーク中心と決定するためであり、この結果1/2画素分ズレてしまう。

【0019】1/2画素ズレの量を軽減させる方法として、画素分解能を上げる方法がある。画素分解能を向上することはA/D変換するサンプリング周波数を2倍とし、メモリの量を2倍とすることで実現できる。しかし、この場合にはハードウェアの規模が大きなものとなり、製造コストが高いものになってしまうという問題点がある。

【0020】本発明は上述したような従来の技術が有する問題点に鑑みてなされたものであって、製造コストの上昇を招来することなく、測定精度を向上することのできる位置合わせ方法を実現することを目的とする。

【0021】

【課題を解決するための手段】本発明の位置合わせ方法は、所定の物体に設けられた位置合わせマークを二次元的に検出してテンプレートマッチングを行い、該所定の物体の位置を確認する位置合わせ方法であって、前記位置合わせマークに対応したテンプレートで第1の相関演算を行って第1の相関結果を算出し、前記デジタル信号の相関演算を行う範囲の内の右半分あるいは左半分を1ポイントシフトさせて前記テンプレートで第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出し、前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出することを特徴とする。

【0022】本発明の第2の位置合わせ方法は、前記位置合わせマークに対応したテンプレートで、第1の相関

演算を行って第1の相関結果を算出し、前記テンプレートの右半分あるいは左半分の1ポイントシフトさせた第2のテンプレートを作成し、前記位置合わせマークのデジタル信号と第2の相関演算を行って第2の相関結果を算出し、前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出することを特徴とする。

【0023】本発明の第3の位置合わせ方法は、前記二次元的に検出された位置合わせマークの半分のテンプレートと見なし、残り半分のデジタル信号との第1の折り返し相関演算を行って第1の相関結果を算出し、前記テンプレートと前記二次元的に検出された位置合わせマークの残り半分の相関演算を行う範囲を1ポイントシフトさせて第2の折り返し相関演算を行って第2の相関結果を算出し、前記第1の相関結果と第2の相関結果を交互に合成して第3の相関結果を作成し、該第3の相関結果から位置合わせマークの中心を算出することを特徴とする。

【0024】本発明の第4の位置合わせ方法は、前記二次元的に検出された位置合わせマークの半分のテンプレートと見なし、残り半分のデジタル信号との対称な位置の差分を積分する第1の演算を行って第1の演算結果を算出し、前記テンプレートと、前記二次元的に検出された位置合わせマークの残り半分の演算を行う範囲を1ポイントシフトさせ、対称な位置の差分を積分する第2の演算を行って第2の演算結果を算出し、前記第1の演算

$$E1(x) = \sum_{i=-k}^k S(x+i)T(i)$$

..... (4)

$$E2(x) = \sum_{i=-k}^k S(x+i)T(i) + \sum_{i=0}^k S(x+1+i)T(i) \dots\dots (5)$$

演算結果E1とE2を合成してFを作成する。Fの合成を式(6)に示す。

【0028】

【数5】

$$F(x_2) = \begin{cases} E1(x) & x_2 = 2x \\ E2(x) & x_2 = 2x+1 \end{cases} \dots\dots (6)$$

式(4)は従来の相関演算である。式(5)は、テンプレートの右半分を作用させる位置を1画素分外にずらした相関演算である。式(4)と式(5)を合成することで、1/2画素精度の相関演算を実現するものである。

【0029】

【実施例】次に、本発明の実施例について図面を参照して説明する。

【0030】第1の実施例

図1は本発明による露光装置の第1の実施例の構成を示すブロック図である。

\* 算結果と第2の演算結果を交互に合成して第3の演算結果を作成し、該第3の演算結果から位置合わせマークの中心を算出することを特徴とする。

【0025】本発明によるウエハ面上の位置合わせマークとレチクル面上の位置合わせマークとを撮像する撮像手段と、ウエハ面上のレジストにレチクル面上のパターンを投影露光するために前記撮像手段で得られる情報を用いて前記レチクルとウエハの相対的な位置合わせを行うアライメント機構とを具備する投影露光装置、ウエハ面上の位置合わせマークを撮像する撮像手段と、ウエハ面上のレジストにレチクル面上のパターンを投影露光するために前記撮像手段で得られる情報を用いて前記レチクルとウエハの相対的な位置合わせを行うアライメント機構とを具備する投影露光装置およびウエハ面上の位置ズレ計測マークを撮像する撮像手段を具備し、該撮像手段で得られる情報を用いて位置ズレ計測マークの位置を検出してズレ量を計測する位置ズレ計測装置のいずれにおいても上記の方法のいずれかを用いて位置合わせを行うことを特徴とする。

【0026】

【作用】上記のように構成される本発明の位置合わせ方法においては、1/2画素のズレ量をなくすことをハードウェアの追加無しに行うために、具体的には以下の信号処理が行われる。

【0027】

【数4】

【0031】図1を参照して、本実施例における位置合わせマークの取り込み方法、信号処理装置および処理方法について述べる。

【0032】本実施例において、XYステージ7上にウエハチャック6を介して搭載されるウエハ5には、シャッタ2、レチクル3および投影露光レンズ4を通ることによって露光パターンとされた露光照明装置1からの照明光が照射される。

【0033】位置合わせマーク(不図示)は、XYステージ7に搭載されているウエハ5上に設けられている。光源である位置合わせマーク照明装置11から出射した光は、ハーフミラー10、ミラー13、縮小型の投影露光レンズ4を通り、位置合わせマークを照明する。該照明により発生する位置合わせマークの像は、ウエハ5で反射し、入射と同じ経路を辿ってハーフミラー10を通過し、アライメントセンサ12に入射する。アライメントセンサ12は、CCDカメラ等のエリアセンサあるいは



は、CCDラインセンサ、フォトダイオード等から構成されるもので、これらによって受光された位置合わせマークの像は光電変換される。

【0034】位置合わせマークは、例えば、反射率が異なる2つの物質が図2に示されるように組み合わせられたものであったり、同一反射物のものであっても、凹凸の段差のあるものである。光電変換後には図2の右側部分に示すような信号が出力される。

【0035】光電変換された信号は、位置合わせマーク検出装置100によって処理される。位置合わせマーク検出装置100は、A/D変換装置101、記憶装置102、第1演算ブロック103、第2演算ブロック104、テンプレート保持装置105およびマーク中心検出ブロック106より構成されるもので、その処理信号は露光装置制御装置14へ出力され、露光装置制御装置14は該演算結果に応じて露光装置の動作を制御する。

【0036】アライメントセンサ12により光電変換された信号は、A/D変換装置101によってデジタル信号に変換され、複数のデジタル画素情報として位置合わせマーク検出装置100内のメモリ102に記憶され

＊る。

【0037】光電変換された情報の1つを拡大すると、図3に示す波形Sとなる。図3における各ドットはサンプリングされた信号強度を示す。但し、アライメントセンサ12としてCCDカメラなどのエリアセンサを用い、これによる検出信号を光電変換した場合には、マークの長手方向に投影した信号である。

【0038】記憶された画素情報については第1演算ブロック103と第2演算ブロック104にてそれぞれ信号処理が行われる。マーク中心検出ブロック106は各演算ブロックの演算結果に基づいて位置合わせマークの中心を求め、ウエハの位置を算出する。

【0039】マーク中心検出ブロック106におけるウエハ位置算出方法については、図3を参照して説明する。

【0040】第1演算ブロック103では以下の演算を行ってE1を算出する。

【0041】

【数6】

$$E1(x) = \sum_{i=-a}^{-b} S(x+i)T(i) + \sum_{i=a}^b S(x+i)T(i) \dots\dots (7)$$

テンプレートは左右対照なので、

【0042】

【数7】

$$T(i) = T(-i) \dots\dots (8)$$

$$E1(x) = \sum_{i=-a}^b (S(x-i)T(i) + S(x+i)T(i)) \dots\dots (9)$$

式(7)は信号波形とテンプレートとの相関演算である。テンプレートはマークエッジ部だけでよい。このこと※

※との理由は2つある。第1にはエッジ以外の部分はマーク情報を持っていないためであり、第2には情報の無い領域のノイズ成分が相関演算に影響を与えるのを抑制するためである。テンプレートは左右対照なので、式(9)にまとめられる。S、T、E1について図3の左側部分に示す。

【0043】第2演算ブロック104では以下の演算を行ってE2を算出する。

【0044】

【数8】

$$E2(x) = \sum_{i=a}^b (S(x-i)T(i) + S(x+1+i)T(i)) \dots\dots (10)$$

S、T、E2について図3の右側部分に示す。

【0045】マーク中心検出ブロック106では、各演算ブロックの演算結果E1とE2を合成してFを作成する。Fの合成を式(11)に示す。

【0046】

【数9】

$$F(x_2) = \begin{cases} E1(x) & x_2 = 2x \\ E2(x) & x_2 = 2x+1 \end{cases} \dots\dots (11)$$

F(x<sub>2</sub>)のピークがマーク中心位置である。E1とE2が合成された様子を図の下部に示す。

【0047】E1、E2を比較すると、第1項は同一である。第2項は右側テンプレートを1画素分外側に掛けている。E1、E2についてxをx-1、x、x+1の順に並べると、

【0048】

【数10】

13

14

$$E1(x-1) = \sum_{i=a}^b (S(x-1-i)T(i) + S(x-1+i)T(i)) \dots\dots (12)$$

$$E2(x-1) = \sum_{i=a}^b (S(x-1-i)T(i) + S(x+i)T(i)) \dots\dots (13)$$

$$E1(x) = \sum_{i=a}^b (S(x-i)T(i) + S(x+i)T(i)) \dots\dots (14)$$

$$E2(x) = \sum_{i=a}^b (S(x-i)T(i) + S(x+1+i)T(i)) \dots\dots (15)$$

$$E1(x+1) = \sum_{i=a}^b (S(x+1-i)T(i) + S(x+1+i)T(i)) \dots\dots (16)$$

$$E2(x+1) = \sum_{i=a}^b (S(x+1-i)T(i) + S(x+2+i)T(i)) \dots\dots (17)$$

上記の各式を参照すると、E2はE1の間を補間していることがわかる。図3を用いた説明においては、E2の相関演算の際に、1画素分外側にテンプレートを掛けるものとしたが、1画素分内側に掛けても類似の結果が得られる。もちろん、演算方法の変形例はいくつか存在するが、考え方は同一である。

【0049】マーク中心検出ブロック106による上記のウエハの位置が算出されると、露光装置制御装置14はXYステージ7の位置をレーザー干渉系9でモニタしながら、ステージ駆動装置8を駆動し、ウエハ5とレチクル3との位置が正確に合わせられた時点でシャッタ2を開いてウエハ5上にレチクル3の回路パターンを露光する。

【0050】なお、上述した第1演算ブロック103、第2演算ブロック104およびマーク中心位置検出ブロック106は1台の汎用プロセッサで実現することができる。

#### 【0051】第2の実施例

本発明の第2の実施例として、第1演算ブロック10

\*3、第2演算ブロック104の演算内容テンプレート側をシフトさせた相関演算法で実施する方法を述べる。位置合わせマークを光電変換するまでのプロセス、ステージ制御、露光方法は図1に示した第1の実施例と同一なので、説明は、省略する。

【0052】第1演算ブロック103では以下の演算を行ってE1を算出する。

【0053】

【数11】

$$E1(x) = \sum_{i=a}^b (S(x-i)T(i) + S(x+i)T(i)) \dots\dots (18)$$

式(18)は第1の実施例における式(9)と同一である。

【0054】第2演算ブロック104では以下の演算を行ってE2を算出する。

【0055】

【数12】

$$E2(x) = \sum_{i=a}^b (S(x-i)T(i) + S(x+i)T(i-1)) \dots\dots (19)$$

マーク中心検出ブロックでは、各演算ブロックの演算結果E1とE2を合成してFを作成する。Fの合成を式(20)に示す。

【0056】

【数13】

$$F(x_2) = \begin{cases} E1(x) & x_2=2x \\ E2(x) & x_2=2x+1 \end{cases} \dots\dots (20)$$

F(x<sub>2</sub>)のピークがマーク中心位置である。各演算ブロックの演算結果E1、E2を比較すると第1項は同一である。第2項は右側テンプレートを1画素分内側にシ

フトさせて掛けている。第2の実施例において右側テンプレートを1画素分内側にシフトさせたのは、第1の実施例に対応させたからである。第1の実施例で述べたように右側テンプレートを1画素分外側にシフトさせても類似の結果が得られるし、この式の変形は数通り存在するが、考え方は同じである。

【0057】なお、本実施例においても、第1の実施例と同様に第1演算ブロック103、第2演算ブロック104およびマーク中心位置検出ブロック106は1台の汎用プロセッサで実現することができる。

【0058】第3の実施例

50

本発明の第3の実施例として、第1演算ブロック103、第2演算ブロック104の演算内容を折り返し相関演算法で実施する方法について述べる。本実施例における位置合わせマークを光電変換するまでのプロセス、ステージ制御、露光方法は第1の実施例と同一なので、説明は省略する。

【0059】光電変換された信号波形の1つを拡大すると図2に示す波形Sとなる。各ドットがサンプリングされた信号強度を示す。信号波形の左半分が、折り返しテンプレートである。テンプレートはマークエッジ部だけでよい。理由は2つあり、エッジ以外の部分はマーク情報を持っていない、情報の無い領域のノイズ成分が相関演算に影響を与えるのを抑制するためである。相関演算は次式に示される。

【0060】第1演算ブロック103では以下の演算を行ってE1を算出する。

【0061】

【数14】

$$E1(x) = \sum_{i=a}^b S(x-i)S(x+i) \dots\dots (21)$$

式(21)は信号波形(図3に示す波形S)の左半分をテンプレートと見なした相関演算である。テンプレートはマークエッジ部だけでよい。理由は2つあり、第1にエッジ以外の部分はマーク情報を持っていない、第2に情報の無い領域のノイズ成分が相関演算に影響を与えるのを抑制するためである。

【0062】第2演算ブロック104では以下の演算を行ってE2を算出する。

【0063】

【数15】

$$E2(x) = \sum_{i=a}^b S(x-i)S(x+1+i) \dots\dots (22)$$

マーク中心検出ブロック106では、各演算ブロックの演算結果E1とE2を合成しFを作成する。Fの合成を式(23)に示す。

【0064】

【数16】

$$F(x_2) = \begin{cases} E1(x) & x_2=2x \\ E2(x) & x_2=2x+1 \end{cases} \dots\dots (23)$$

F(x<sub>2</sub>)のピークがマーク中心位置である。

【0065】なお、本実施例においても、第1の実施例\*

\*と同様に第1演算ブロック103、第2演算ブロック104およびマーク中心位置検出ブロック106は1台の汎用プロセッサで実現することができる。

【0066】第4の実施例

本発明の第4の実施例として、第1演算ブロック103、第2演算ブロック104の演算内容を第2の実施例における相関演算を高速に行う高速相関演算法として実施する方法について述べる。本実施例における位置合わせマークを光電変換するまでのプロセス、ステージ制御、露光方法は第1の実施例と同一なので、説明は省略する。

【0067】光電変換された信号波形の1つを拡大すると図に示す波形Sとなる。各ドットがサンプリングされた信号強度を示す。信号波形の左半分が、折り返しテンプレートである。テンプレートはマークエッジ部だけでよい。理由は2つあり、エッジ以外の部分はマーク情報を持っていない、情報の無い領域のノイズ成分が相関演算に影響を与えるのを抑制するためである。相関演算は次式に示される。

【0068】

【数17】

$$E1(x) = \sum_{i=a}^b |S(x-i) - S(x+i)| \dots\dots (24)$$

$$E2(x) = \sum_{i=a}^b |S(x-i) - S(x+1+i)| \dots\dots (25)$$

式(24)、(25)は折り返し対称な位置の信号の差分を積分している。第3の実施例では乗算であったが、マイクロプロセッサ等では減算の処理時間の方が短時間である。マーク中心検出ブロック106では、各演算ブロックの演算結果E1とE2を合成しFを作成する。Fの合成を式(26)に示す。

【0069】

【数18】

$$F(x_2) = \begin{cases} E1(x) & x_2=2x \\ E2(x) & x_2=2x+1 \end{cases} \dots\dots (26)$$

ただし、マーク中心検出ブロック106では、F

(x<sub>2</sub>)の最小値を捜し、その位置がマーク中心位置である。また、F(x<sub>2</sub>)は逆数F'(x<sub>2</sub>)を用いて、

【0070】

【数19】

$$F'(x_2) = \frac{1}{F(x_2)} = \begin{cases} \frac{1}{E1(x)} & x_2=2x \\ \frac{1}{E2(x)} & x_2=2x+1 \end{cases} \dots\dots (27)$$

とし、そのピークからもマーク中心が求められる。

【0071】なお、本実施例においても、第1の実施例と同様に第1演算ブロック103、第2演算ブロック104およびマーク中心位置検出ブロック106は1台の汎用プロセッサで実現することができる。

#### 【0072】第5の実施例

図4は本発明による露光装置の第5の実施例の構成を示すブロック図である。

【0073】図4を参照して、本実施例における位置合わせマークの取り込み方法、信号処理装置および処理方法について述べる。

【0074】本実施例は、レチクルを通したウエハ上の位置合わせマークの採取するものである。

【0075】本実施例は図1に示した第1の実施例のものに、露光装置制御装置14の指示を受けてレチクル3を駆動するレチクル駆動装置301および投影露光レンズ4の倍率を設定するレンズ倍率駆動装置305を設け、第1の実施例におけるハーフミラー10、ミラー13、位置合わせマーク照明装置11およびアライメントセンサ12のそれぞれをハーフミラー302、ミラー300、位置合わせマーク照明装置304およびアライメントセンサ303としたものである。この他の構成は図1に示した第1の実施例と同様であるため、図1と同じ符号を付して説明は省略する。

【0076】本実施例におけるレチクル3の位置合わせマークはレチクル3上にクロムパターンとして存在する。XYステージ7に搭載されているウエハ5上にはウエハ用の位置合わせマークが形成されている。

【0077】光源である位置合わせマーク照明装置304から出射した光は、ハーフミラー302、ミラー300、レチクル3、縮小投影レンズ4を通り、ウエハ5上の位置合わせマークを照明する。位置合わせマークの像は、ウエハ5で反射され、再び同じ経路を辿り、レチクル3、ハーフミラー302を通過し、アライメントセンサ303に入射する。この、位置合わせマークの像は、CCDカメラ等のエリアセンサあるいは、CCDラインセンサ、フォトダイオード等のアライメントセンサ303によって光電変換される。

【0078】レチクル3の位置合わせマークは、ウエハ5からの反射光によって照明される。該照明時には位置合わせマークを形成するクロムパターンが遮光する構成となり、アライメントセンサ303では暗い像となる。図5にCCDカメラで撮像した位置合わせマークの画像の一例を示す。図5には、図示していない左側の光学系の像も合成して示している。

【0079】光電変換された信号は、A/D変換装置101にてA/D変換され、複数の画素情報として処理装置内の記憶装置102に記憶される。

【0080】光電変換された情報の1つを拡大すると図に示す波形Sとなる。各ドットがサンプリングされた信

号強度を示す。但し、CCDカメラなどのエリアセンサで光電変換された場合、マークの長手方向に投影した信号である。

【0081】記憶装置102では、右側、左側のX、Yマーク(XL, YL, XR, YR)、合計4つの信号を記憶する。

【0082】記憶された4つの画素情報は独立に、第1演算ブロック103と第2演算ブロック104で信号処理を行い、両者の演算結果よりマーク中心検出ブロック106で位置合わせマークの中心を求める。このときの演算は、ウエハ5の位置合わせマークの中心(XLWC)と、レチクルマーク中心(XLR1)の1本目とレチクルマーク中心(XLR2)の2本目を検出する。このように、ウエハ5とレチクル3とを独立に計測し、相対的な位置ズレ量を計測する。

【0083】マーク中心位置の計算方法は、実施例1から実施例4に説明したいずれのものをも用いることができる。

【0084】XL, YL, XR, YR各マークの相対的なズレ量が計測されると、露光装置制御装置14は、X、Y方向のシフト成分、回転成分、倍率成分を計算し、干渉系9でXYステージ7の位置をモニタしながら、レチクル位置駆動装置301またはステージ駆動装置8を駆動してシフト、回転成分の補正を行い、ウエハ回転装置6を駆動して回転成分を補正する。また、倍率成分については、レンズ倍率駆動装置305を駆動することにより補正する。ウエハ5とレチクル3の位置が正確に合わせられた時点でシャッタ2を開いてウエハ3上にレチクル3の回路パターンを露光する。

#### 【0085】第6の実施例

図6は本発明による露光装置の第6の実施例の構成を示すブロック図である。

【0086】図6を参照して、本実施例における位置合わせマークの取り込み方法、信号処理装置および処理方法について述べる。

【0087】本実施例は、縮小投影レンズを通さない、外部の顕微鏡を用いてウエハ上の位置合わせマークの採取するものである。

【0088】本実施例は図1に示した第1の実施例のものに、オフアクシス顕微鏡401を設け、第1の実施例におけるハーフミラー10、ミラー13、位置合わせマーク照明装置11およびアライメントセンサ12のそれぞれをハーフミラー403、ミラー402、位置合わせマーク照明装置405およびアライメントセンサ404としたものである。この他の構成は図1に示した第1の実施例と同様であるため、図1と同じ符号を付して説明は省略する。

【0089】XYステージ7に搭載されているウエハ5上にはウエハ用の位置合わせマークが形成されている。

【0090】光源である位置合わせマーク照明装置40

5から出射した光は、ハーフミラー403、ミラー402オフアクシス顕微鏡401を通り、ウエハ5上の位置合わせマークを照明する。位置合わせマークの像は、ウエハ5で反射され、再び同じ経路を辿り、アライメントセンサ303に入射する。この、位置合わせマークの像は、CCDカメラ等のエリアセンサあるいは、CCDラインセンサ、フォトダイオード等のアライメントセンサ404によって光電変換される。

【0091】マーク中心位置の計算方法は、実施例1から実施例4に説明したいずれのものをも用いることができる。

#### 【0092】第7の実施例

図7は本発明による露光装置の第6の実施例の構成を示すブロック図である。

【0093】図7を参照して、本実施例における位置合わせマークの取り込み方法、信号処理装置および処理方法について述べる。

【0094】本実施例は、本発明による方法をズレ量計測装置に実施したものである。ズレ量計測装置は、露光装置にてレチクル面上のパターンが位置合わせされながら露光処理され、レジスト等が現像された後、ウエハ面上に構成されたズレ量計測マークを測定することを目的とするXYステージ503上のウエハチャック502に載置されるウエハ501にはズレ量計測マーク照明装置505からの照明光がハーフミラー507および顕微鏡508を介して照射される。ウエハ501の上面には図8に示すようなズレ量計測マークが形成されており、該ズレ量計測マークの像はウエハ501で反射され、再び同じ経路を辿り、ハーフミラー507を通過し、CCDカメラ等のエリアセンサあるいは、X、Y二組のCCDラインセンサ、フォトダイオード等のズレ量観察撮像装置504に入射して光電変換される。

【0095】ズレ量検出装置500の構成は図1に示した第1の実施例のものと同様であるために説明は省略する。位置合わせマーク検出装置100の検出結果はズレ量計測装置制御装置509へ出力され、ズレ量計測装置制御装置509は該検出結果に基づいてステージ駆動装置506を介してXYステージ503の制御を行い、また、出力装置510へ出力する。

【0096】本実施例において行われるズレ量検出について説明する。

【0097】図8に示されるズレ量計測マークの像について、外側マーク(OUTM)の中心と、内側マーク(INM)の中心とを、実施例1から実施例4のいずれかの方法で、信号波形XMEA、YMEAよりX軸、Y軸についてそれぞれ求め、これらの差分をズレ量計測装置制御装置509に送出して記憶させる。ズレ量計測装置制御装置509はステージ駆動装置506を介してXYステージ503を駆動し、その他のズレ量計測マークを測定する。最終的には、統計量などを計算し、記憶さ

れている複数の計測値と共に出力装置510へ転送し、出力する。

#### 【0098】

【発明の効果】本発明は以上説明したように構成されているので、以下に記載するような効果を奏する。

【0099】請求項1乃至請求項4に記載のいずれの方法においても、従来の方式に比べ、2倍の精度で検出することが可能となった。いままで、検出分解能を1/2にするためにサンプリング周波数を2倍に上げるなどハードウェアに頼らざるを得ないところがあったが、本手法を用いれば、従来のハード資産を継承したまま、精度を2倍に上げられる。しかも、従来の処理方式が、演算ブロックをソフトウェアによって実行していたのならば、従来のソフトウェアを入れ換えるだけで、精度を2倍に向上できる。極めて、コストのかからない、性能向上方法である。また、位置合わせ精度が不足するために、高精度な加工ができなかった半導体製造工程にも簡単に導入でき、従来の露光装置を用いたまま、加工精度を2倍に上げられる。

【0100】上記の本発明特有の効果は請求項5乃至請求項12に記載の半導体露光装置に限らず、請求項13乃至請求項16に記載のもののよう露光後の位置ズレ検査装置のマーク位置検出にも利用できる。この場合も、簡単に計測精度を2倍に向上させることができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明第1の実施例～第4の実施例が行われる投影露光装置の構成を示す図である。

【図2】図1に示した投影露光装置で光電変換される位置合わせマークと、信号波形を示す図である。

【図3】本発明の演算方法を説明するための図である。

【図4】本発明の第5の実施例の投影露光装置の構成を示す図である。

【図5】本発明の第5の実施例投影露光装置で撮像される位置合わせマークを示す図である。

【図6】本発明の第6の実施例の投影露光装置の構成を示す図である。

【図7】本発明の第7の実施例の投影露光装置の構成を示す図である。

【図8】本発明の第7の実施例のズレ量計測装置で撮像されるマークを示す図である。

【図9】投影露光装置の従来例を説明するための図である。

【図10】従来の相関演算の問題点を示す図である。

#### 【符号の説明】

- 1 露光照明装置
- 2 シャッタ
- 3 レチクル
- 4 投影露光レンズ
- 5, 501 ウエハ
- 6, 502 ウエハチャック

21

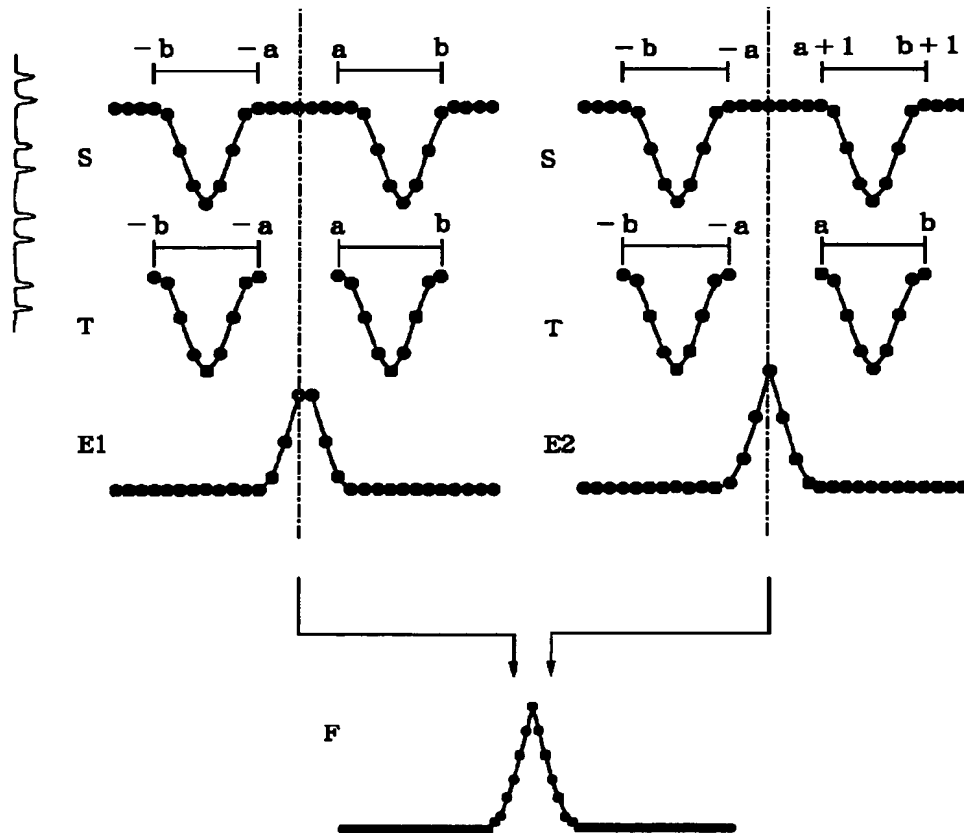
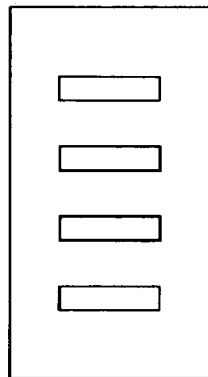
7, 503 XYステージ  
 8, 506 ステージ駆動装置  
 9 レーザ干渉計  
 10, 302, 403, 507 ハーフミラー  
 11, 304, 405, 505 位置合わせマーク照  
 明装置  
 12, 303, 404 アライメントセンサ  
 13, 300, 402 ミラー  
 14 露光装置制御装置  
 100, 200 位置合わせマーク検出装置  
 101, 201 A/D変換装置  
 102, 202 記憶装置  
 103 第1演算ブロック  
 104 第2演算ブロック

22

\* 105 テンプレート保持装置  
 106, 206 マーク中心検出ブロック  
 301 レチクル駆動装置  
 401 オフアクシス顕微鏡  
 500 ズレ量検出装置  
 504 ズレ量観察撮像装置  
 508 顕微鏡  
 509 ズレ量計測装置制御装置  
 510 出力装置  
 10 T テンプレート  
 S 位置合わせマークの信号  
 E 相関演算結果  
 F 合成後の相関演算結果

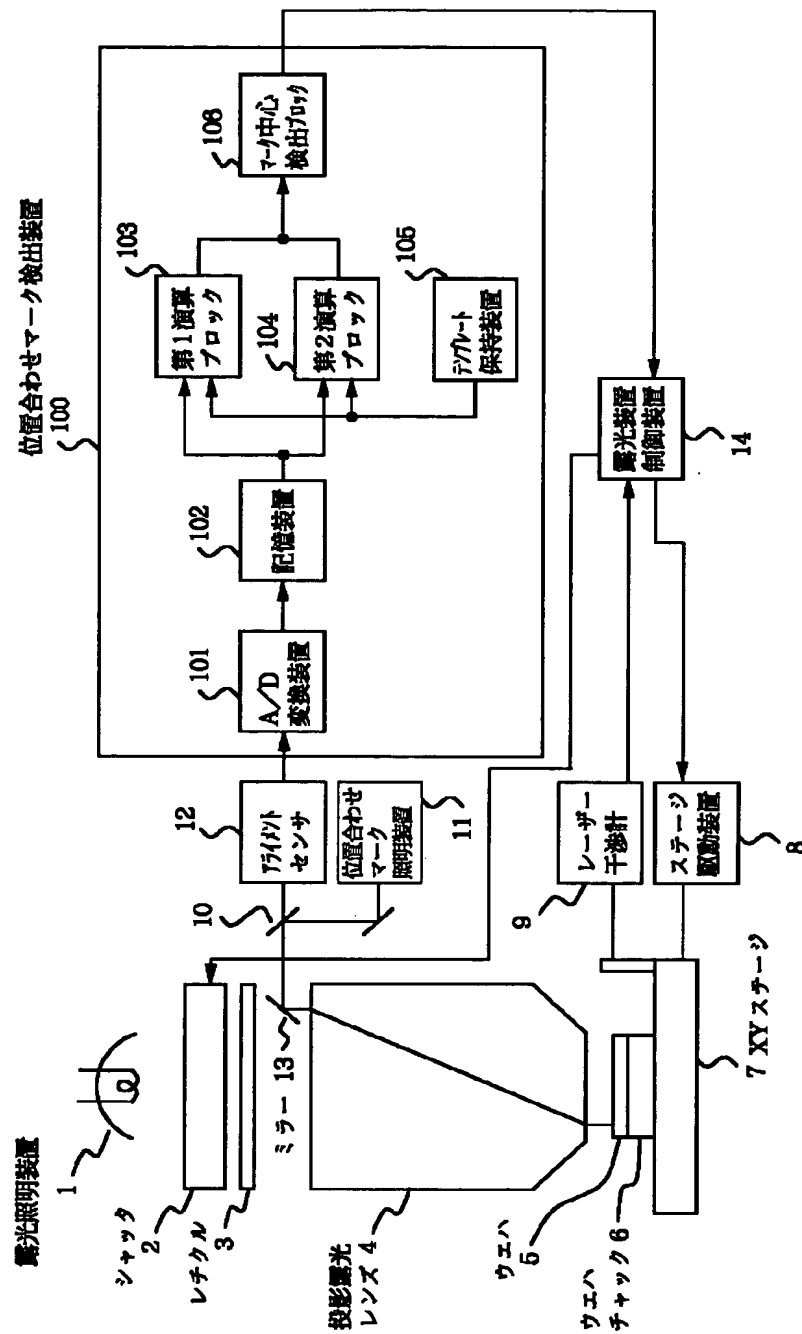
\*

【図2】

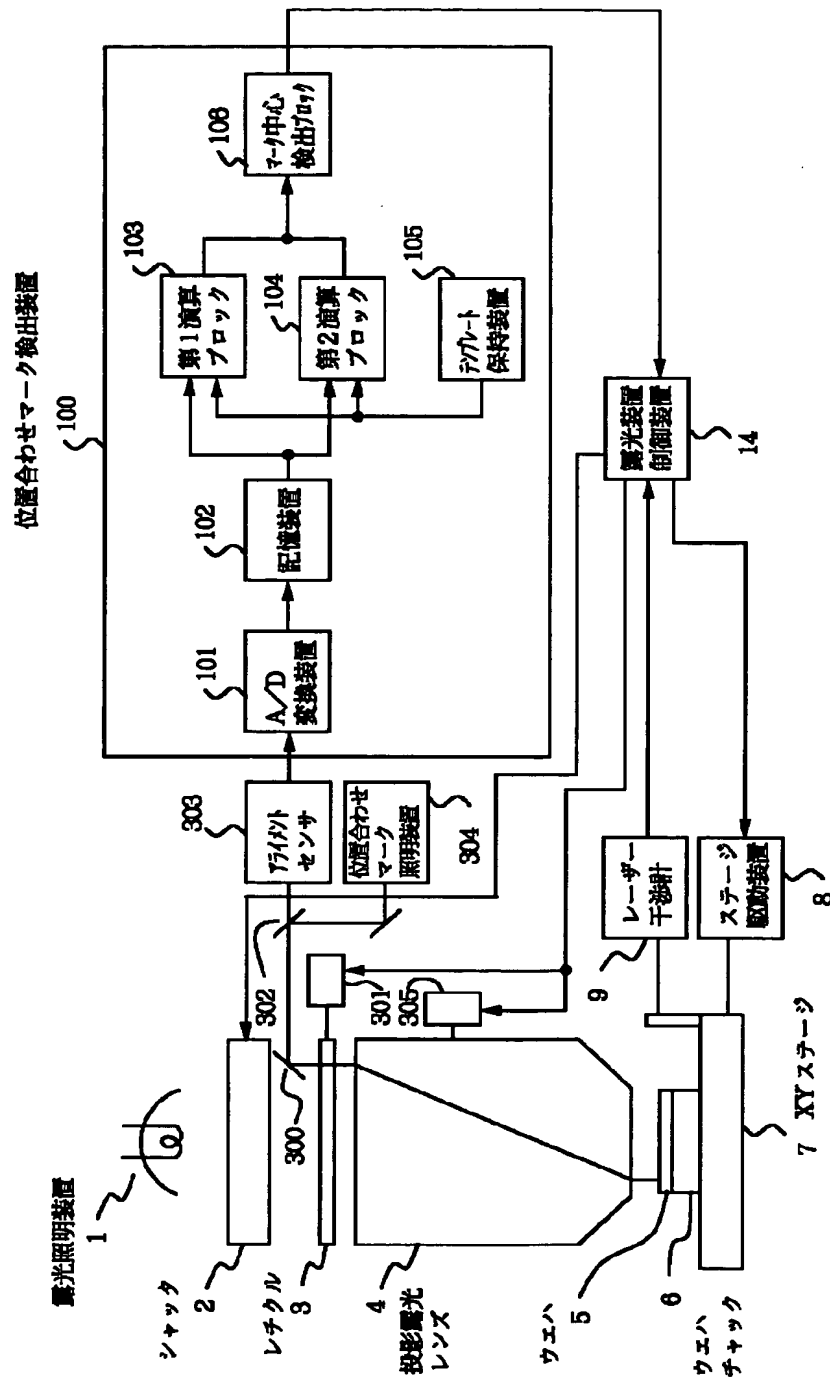


【図3】

【図1】

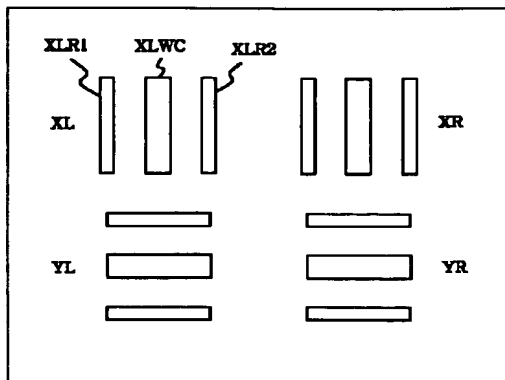


【図4】

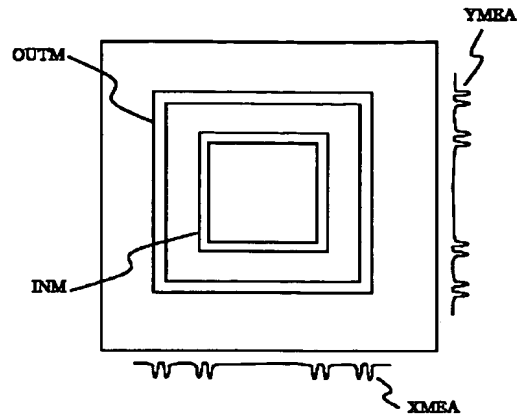




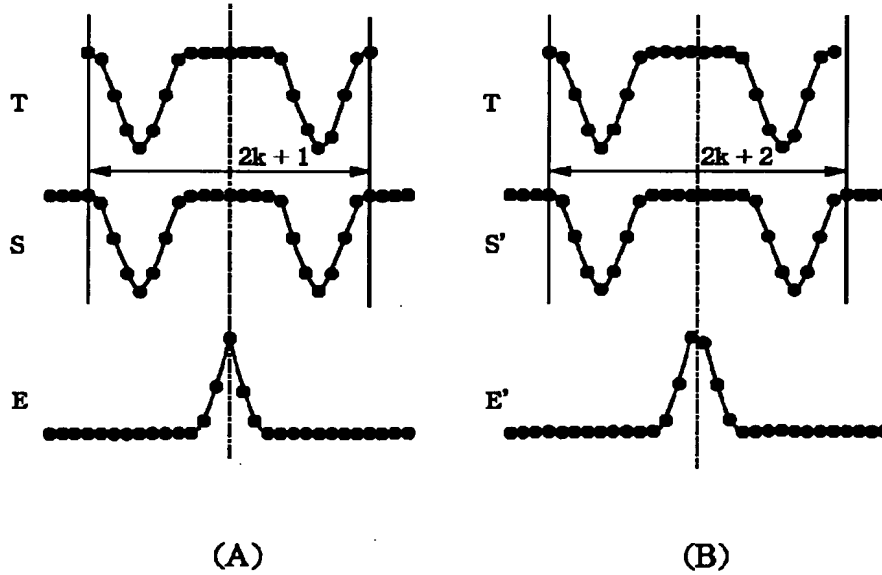
【図5】



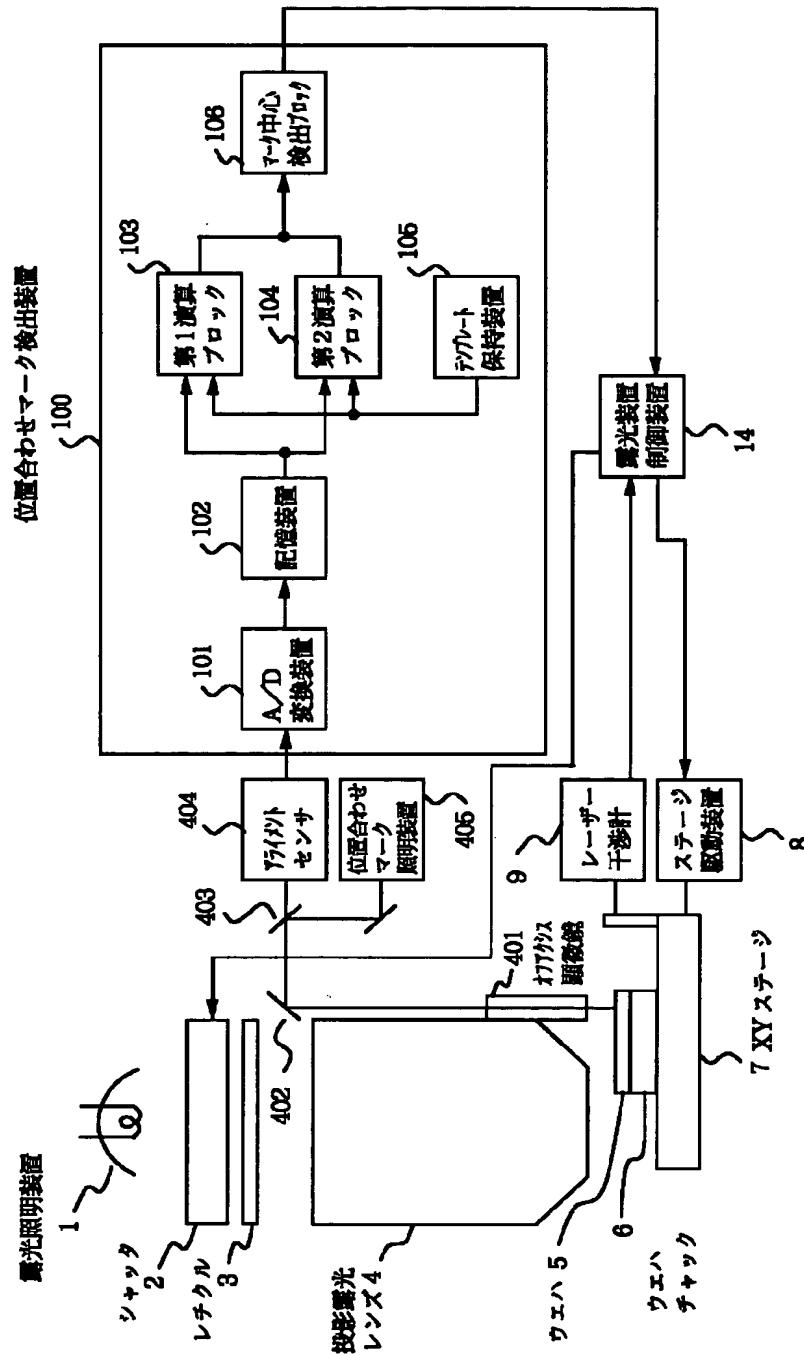
【図8】



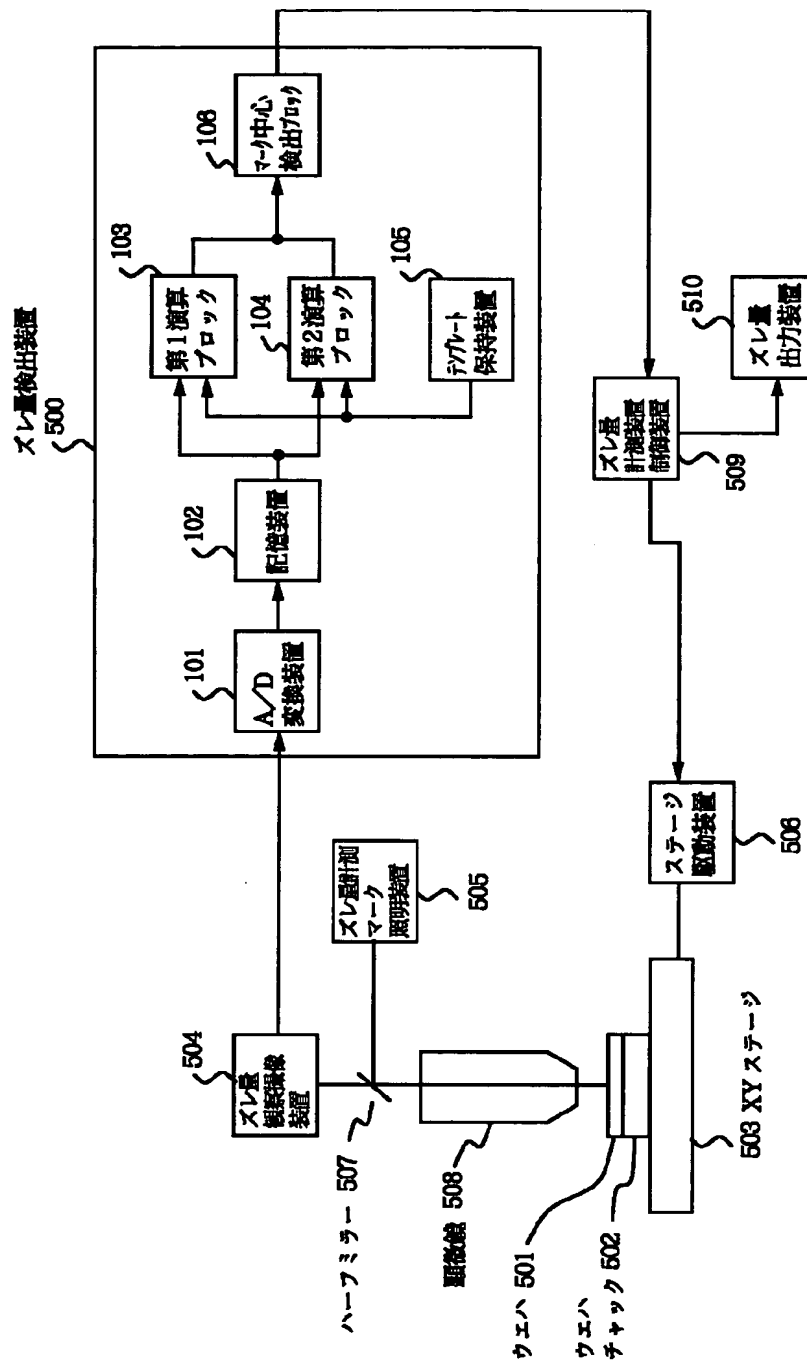
【図10】



【図6】



【図7】



【図9】

